Münster 1935 No 734 Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster in Westfalen.
Direktor: Professor Dr. med. et phil. H. Freund.

Zur Kenntnis des Antagonismus von Calcium und Magnesium.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

vorgelegt von
Herbert Niermann
(Zahnarzt)
aus Lünen-Horstmar.

1935

Gedruckt in der Buchdruckerei Franz Grube, Werne a. d. Lippe.

Dekan: Professor Dr. Klinge.
Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann.
Korreferent: Professor Dr. med. et phil. H. Freund.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Zur Kenntnis des Antagonismus von Calcium und Magnesium.

Bekanntlich beseitigt ein Ueberschuß von Calciumionen die Magnesiumlähmung der Muskulatur und des Nervensystems schlagartig. Das Calcium erweist sich hier als vollkommener Antagonist des Magnesiums. Der Mechanismus der Magnesiumentgiftung durch Calcium ist bisher nur wenig erforscht. In einer Reihe von Arbeiten aus dem hiesigen Institut ließ sich am Stoffwechsel überlebender Organe der Nachweis erbringen, daß die Calciumwirkung der Magnesiumwirkung entgegengesetzt gerichtet ist. Strickling[1]) untersuchte die Calcium- und Magnesiumwirkung auf den anaeroben Kohlenhydratabbau, Korves[2]) auf die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe und Stumborg[3]) auf den Phosphatstoffwechsel. In allen Arbeiten ließ sich bei bestimmten Mischungsverhältnissen von Calcium und Magnesium ein Antagonismus des Calciums und Magnesiums nachweisen. In den vorliegenden Untersuchungen sollen diese Arbeiten ergänzt werden. Es wird in ihnen der Einfluß von Calcium- und Magnesiumionen auf den Sauerstoffverbrauch im überlebenden Gewebe untersucht, zunächst die Wirkung von Calcium- und Magnesiumsalzen für sich allein und sodann bei gleichzeitigem Zusatz der beiden Erdalkalien.

Versuchsserie I.

In der ersten Versuchsserie (Tabelle 1—4) wurde die Einwirkung der beiden Erdalkalien auf die Sauerstoffzehrung von Rindermuskel untersucht. Zunächst wurde am Gewebe desselben Tieres der Einfluß des Calciums und des Magnesiums festgestellt und dann die gleichzeitige Einwirkung der gleichen Konzentrationen von Calcium + Magnesium. Außerdem wurde in anderen Versuchsreihen das Mischungsverhältnis von Calcium zu

---

[1]) Strickling: Inaugural-Dissertation, Münster 1934.
[2]) Korves: ebenda 1935 (in Vorbereitung).
[3]) Stumborg: ebenda 1935 (in Vorbereitung).

Magnesium verändert, um zu sehen, unter welchen Bedingungen keine Einwirkung der beiden Erdalkalien auf den Sauerstoffverbrauch stattfindet. Bei diesem Mischungsverhältnis wäre also die Calciumwirkung durch Magnesium aufgehoben worden. Das Mischungsverhältnis 1:1 in den Tabellen mit geraden Zahlen entspricht der höchsten Konzentration von $0{,}2.10^{-3}$ in den Tabellen mit ungeraden Zahlen. Beim Verhältnis 2:0 ist also der Calciumgehalt $0{,}4.10^{-3}$ und beim Verhältnis 3:1=$0{,}3.10^{-3}$ Calciumchlorid + $0{,}1.10^{-3}$ Magnesiumchlorid.

Tabelle 1.

Muskel (Rind): ohne Zusatz.

Versuchsanordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	412	378	304	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	346	292	254	84	77	84	61
$0{,}2.10^{-6}$	374	314	240	91	83	79	74
$0{,}2.10^{-5}$	401	366	266	97	97	88	94
$0{,}2.10^{-4}$	410	350	272	100	93	90	93
$0{,}2.10^{-3}$	417	362	302	101	96	99	97

Tabelle 2.

Muskel (Rind): ohne Zusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	378	308	306	366	372	420
cmm 0_2: % vom Kontrollversuch	100	82	81	97	99	111

Wie aus den Tabellen hervorgeht, hemmen Calcium- und Magnesiumsalze in starken Verdünnungen den Sauerstoffverbrauch. Höhere Konzentrationen beider Salze sind praktisch wirkungslos. Bei gleichzeitigem Zusammenwirken beider Salze ergibt sich in einem Konzentrationsbereich von $0{,}2.10^{-6}$ bis $0{,}2.10^{-3}$ (Tabelle 1 und 3) eine Sauerstoffzehrung, wie sie bei

Addition der Einzelwirkungen zu fordern ist. So hat z. B. die Konzentration $0{,}2.10^{-6}$ Calciumchlorid (Tabelle 1) den Sauerstoffverbrauch um 9% gehemmt, die gleiche Magnesiumchloridkonzentration um 17%. Bei additiver Wirkung der beiden Verbindungen müßte eine Hemmung von 9% + 17% = 26% auftreten. Gefunden wurden 21% Hemmung. Bei sehr starken Verdünnungen von $0{,}2.10^{-7}$ wird die Calciumchloridhemmung durch Magnesiumchlorid wesentlich abgeschwächt. Calciumchlorid hemmt hier die Sauerstoffzehrung um 16%, Magnesiumchlorid sogar um 23%. Bei gleichzeitiger Anwendung finden wir 16%.

Tabelle 3.

Muskel (Rind): ohne Zusatz.

Versuchsanordnung	cmm O_2 pro g u. Std.			cmm O_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	394	390	358	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	338	291	294	86	75	82	61
$0{,}2.10^{-6}$	358	368	308	91	94	86	85
$0{,}2.10^{-5}$	390	397	340	99	102	95	101
$0{,}2.10^{-4}$	417	358	345	106	92	96	98
$0{,}2.10^{-3}$	396	372	336	101	95	94	96

Tabelle 4.

Muskel (Rind): ohne Zusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm O_2 pro g u. Std.	338	350	290	372	322	422
cmm O_2 : % vom Kontrollversuch	100	90	75	96	83	109

Die doppelte Calciumchloridkonzentration, wie sie im Blut vorliegt, hemmt den Sauerstoffverbrauch um 10—20% (Tabelle 2 und 4), die gleiche Magnesiumchloridkonzentration steigert ihn um rund 10%. Bei einem Mischungsverhältnis von 1:1 Calcium zu Magnesium ist der Sauerstoffverbrauch unverändert.

Die hemmende Wirkung des Calciums ist durch die fördernde Wirkung des Magnesiums aufgehoben worden. Bei einem Mischungsverhältnis von 3:1 Calcium zu Magnesium ist die Calciumhemmung durch Magnesium weiter verstärkt worden.

In den Versuchen von K. Meier[4]), die an Froschmuskulatur angestellt wurden, führt Calciumzusatz zu einer Hemmung der Sauerstoffzehrung und Magnesiumzusatz zu einer leichten Steigerung. Beim Rindermuskel vermissen wir den hemmenden Calciumeinfluß und den fördernden Magnesiumeinfluß in den Konzentrationen, wie sie im Blut vorliegen. Erst beim doppelten Gehalt an beiden Salzen sehen wir eine Calciumhemmung bzw. eine Magnesiumförderung.

Versuchsserie II.

Sehr deutlich zeigt sich die gegensätzliche Wirkung von Calcium- und Magnesiumsalzen, wenn wir die Sauerstoffzehrung des Skelettmuskels nach Zusatz von Glykogen (0,2%) untersuchen. Calciumsalze hemmen, wie aus den Tabellen 5 u. 7 hervorgeht, die Sauerstoffaufnahme, und Magnesiumsalze regen sie mit Ausnahme der stärksten Verdünnung von $0{,}2.10^{-7}$ besonders stark beim Kaninchenmuskel an. Bei der Konzentration von $0{,}2.10^{-5}$ ist Calciumchloridzusatz unwirksam. Die Sauerstoffzehrung fällt mit zunehmender und abnehmender Verdünnung stark ab. Die stärkste Steigerung durch Magnesiumchlorid tritt bei höheren Magnesiumkonzentrationen auf. In Versuch 7 hat z. B. die Konzentration von $0{,}2.10^{-4}$ Magnesiumchlorid die Sauerstoffzehrung um über 40% gesteigert und bei der Konzentration von $0{,}2.10^{-3}$ nur um 29%, während bei der gleichen Calciumchloridkonzentration die Sauerstoffaufnahme nur 73% des Kontrollversuchs beträgt, also um 27% gehemmt ist. Die Muskulatur vom Kaninchen und Rind reagieren qualitativ gleich. Die quantitativen Unterschiede dagegen sind besonders unter der Magnesiumwirkung sehr erheblich. Beim Kaninchenmuskel wird die Sauerstoffzehrung durch Magnesium wesentlich stärker gefördert als beim Rindermuskel. Die Calciumempfänglichkeit beider Tiermuskel ist dabei fast vollkommen gleich.

Lassen wir die gleichen Mengen Calciumchlorid und Magnesiumchlorid gleichzeitig einwirken, so sehen wir beim Rindermuskel eine additive Gesamtwirkung bei den Konzentrationen von $0{,}2.10^{-6}$, $0{,}2.10^{-4}$, $0{,}2.10^{-3}$. Bei der Konzentration $0{,}2.10^{-7}$ ist

[4]) K. Meier: Inaugural-Dissertation, Münster 1933.

die Calciumhemmung durch Magnesium, das selbst hemmend wirkt, nicht verstärkt, sondern sogar fast vollkommen aufgehoben worden. Statt einer zu erwartenden Hemmung von 41% beträgt die Hemmung nur 7%. Bei der Konzentration von $0{,}2.10^{-5}$ beider Salze setzt sich lediglich die Calciumwirkung durch, beim Kaninchenmuskel dagegen die Magnesiumwirkung.

Tabelle 5.

Muskel (Rind): Glykogenzusatz.

Versuchsanordnung	cmm O_2 pro g u. Std.			cmm O_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	230	288	244	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	178	234	228	78	81	93	59
$0{,}2.10^{-6}$	198	291	214	86	101	88	87
$0{,}2.10^{-5}$	226	334	242	98	116	99	114
$0{,}2.10^{-4}$	204	312	238	89	108	98	97
$0{,}2.10^{-3}$	178	324	228	78	113	93	91

Tabelle 6.

Muskel (Rind): Glykogenzusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm O_2 pro g u. Std.	233	196	229	210	195	206
cmm O_2 : % vom Kontrollversuch	100	84	98	90	84	89

Ein Beispiel für einen Fall, daß zwei Stoffe, die jeder für sich die Sauerstoffzehrung hemmen, bei gleichzeitigem Zusatz sie erheblich steigern, liefert uns die Konzentration von $0{,}2.10^{-7}$ der Erdalkalien in Tabelle 7. Calciumchlorid hat den Sauerstoffverbrauch um 15%, Magnesiumchlorid um 8% gesenkt, sodaß bei additiver Wirkung mit einer Hemmung von 23% zu rechnen gewesen wäre. Statt dessen finden wir die Sauerstoffzehrung um 30% gesteigert. Auch bei der nächst höheren Konzentration

von $0{,}2.10^{-6}$, bei der Calcium den Sauerstoffverbrauch gehemmt, Magnesium ihn gefördert hat, ist der Sauerstoffverbrauch sehr erheblich in die Höhe getreten. Das Calcium hat hier die Magnesiumwirkung potenziert.

Tabelle 7.

Muskel (Kaninchen): Glykogenzusatz.

Versuchsanordnung	cmm O_2 pro g u. Std.			cmm O_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	304	286	222	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	258	262	288	85	92	130	77
$0{,}2.10^{-6}$	260	316	300	86	111	135	97
$0{,}2.10^{-5}$	299	397	304	98	139	137	137
$0{,}2.10^{-4}$	280	404	206	92	141	93	133
$0{,}2.10^{-3}$	220	369	250	73	129	112	102

Tabelle 8.

Muskel (Kaninchen): Glykogenzusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm O_2 pro g u. Std.	266	198	260	276	293	286
cmm O_2 : % vom Kontrollversuch	100	75	98	104	110	107

Keine Einwirkung der Erdalkalien auf die Sauerstoffzehrung liegt beim Mischungsverhältnis von 3:1 Calcium zu Magnesium vor (Tabelle 6 und 8). Die starke Hemmung der Sauerstoffzehrung durch Calciumsalze ist durch Magnesium vollkommen aufgehoben worden. Dabei hat das Magnesiumchlorid allein in Tab. 6 die Sauerstoffaufnahme gesenkt, in Tabelle 8 leicht gesteigert.

Versuchsserie III.

Der Einfluß der Calcium- und Magnesiumsalze auf die Oxydation der Bernsteinsäure durch ausgewaschenen Kaninchenmuskel (Tabelle 9—12) ist verhältnismäßig nur sehr gering.

Auftretende Hemmungen durch Calcium oder Magnesium werden bei gleichzeitigem Zusatz der beiden Stoffe nicht weiter gesteigert. Die Sauerstoffwerte liegen bei gleichzeitigem Zusatz stets höher, als bei reiner additiver Wirkung zu fordern wäre.

Tabelle 9.
Ausgewaschener Muskel (Kaninchen): Bernsteinsäurezusatz.

Versuchsanordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	293	364	312	100	100	100	100
0,2.10^{-7}	255	302	265	87	83	85	70
0,2.10^{-6}	264	335	280	90	92	90	82
0,2.10^{-5}	292	344	308	100	95	99	95
0,2.10^{-4}	270	351	294	92	97	94	89
0,2.10^{-3}	290	385	316	99	106	101	105

Tabelle 10.
Ausgewaschener Muskel (Kaninchen): Bernsteinsäurezusatz.
Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	349	324	294	352	308	338
cmm 0_2 : % vom Kontrollversuch	100	93	84	101	88	97

Tabelle 11.
Ausgewaschener Muskel (Kaninchen): Bernsteinsäurezusatz.

Versuchsanordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	468	529	374	100	100	100	100
0,2.10^{-7}	434	436	390	93	83	104	76
0,2.10^{-6}	424	473	340	91	90	91	81
0,2.10^{-5}	506	542	369	108	102	99	110
0,2.10^{-4}	414	506	428	89	96	114	85
0,2.10^{-3}	502	558	386	107	106	103	113

Tabelle 12.

Ausgewaschener Muskel (Kaninchen): Bernsteinsäurezusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	418	382	348	426	368	404
cmm 0_2 : % vom Kontrollversuch	100	91	83	102	88	97

Ohne Einfluß auf die Sauerstoffzehrung ist das Mischungsverhältnis von 1:1 Calciumchlorid zu Magnesiumchlorid. Bemerkenswert ist, daß bei dem Verhältnis 3:1 und 1:3 die Sauerstoffaufnahme beträchtlich gesenkt ist.

Versuchsserie IV.

Die Sauerstoffzehrung von Rinderleber (Tabelle 13—16) wird durch Calcium- und Magnesiumsalze herabgesetzt, zwar merkwürdigerweise durch die gleiche Konzentration des Erdalkalichlorides um fast genau den gleichen Betrag. Auch bei gleichzeitigem Zusatz der beiden Salze werden die gleichen Werte für die Sauerstoffaufnahme gefunden wie bei Zusatz nur eines der beiden Erdalkalisalze. Lediglich bei der höchsten Konzentration von $0{,}2.10^{-3}$ finden wir die Calciumhemmung durch Magnesium verstärkt. In allen Fällen hätte sich bei Addition der Hemmung eine erheblich niedrigere Sauerstoffzehrung ergeben müssen.

Tabelle 13.

Leber (Rind): ohne Zusatz.

Versuchsanordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	272	261	316	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	224	220	266	82	84	84	66
$0{,}2.10^{-6}$	230	214	264	85	82	84	67
$0{,}2.10^{-5}$	248	239	287	91	92	91	83
$0{,}2.10^{-4}$	254	248	297	93	95	94	88
$0{,}2.10^{-3}$	222	216	234	82	83	74	65

Tabelle 14.

Leber (Rind): ohne Zusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	302	217	222	226	244	268
cmm 0_2 : % vom Kontrollversuch	100	72	74	75	81	89

Tabelle 15.

Leber (Rind): ohne Zusatz.

Versuchs-anordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	306	318	299	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	252	272	254	82	86	85	68
$0{,}2.10^{-6}$	252	264	248	82	83	83	65
$0{,}2.10^{-5}$	278	296	274	91	93	92	84
$0{,}2.10^{-4}$	270	304	278	88	96	93	84
$0{,}2.10^{-3}$	240	268	208	79	84	70	63

Tabelle 16.

Leber (Rind): ohne Zusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	309	220	227	232	250	278
cmm 0_2 : % vom Kontrollversuch	100	71	74	75	81	90

Wie auch immer wir die Mischungsverhältnisse von Calcium und Magnesium wählen (Tabelle 14 und 16), so gelingt es trotzdem nie, Sauerstoffwerte wie die im Kontrollversuch ohne Zusatz der Erdalkalien zu erhalten. Die Calciumhemmung läßt sich also nicht durch Magnesium aufheben.

Versuchsserie V.

Die Glukoseoxydation von Herzmuskelgewebe vom Rind wird durch Calciumsalze verschlechtert (Tabelle 17—20) und durch Magnesiumsalze nur bei der Konzentration von $0{,}2.10^{-5}$ leicht gesteigert. Alle übrigen Magnesiumkonzentrationen sind besonders in Versuch 17 wirkungslos. In den Kombinationsversuchen finden wir eine Sauerstoffzehrung gegenüber der Norm nur wenig verändert. In Versuch 19 ist bei der Konzentration von $0.2.10^{-4}$ eine leichte Steigerung aufgetreten und bei $0{,}2.10^{-3}$ die recht erhebliche Calciumhemmung durch Magnesium stark abgeschwächt worden.

Die recht beträchtliche Herabsetzung der Sauerstoffaufnahme durch hohe Calciumchloridkonzentrationen (Tabelle 18 und 20) läßt sich durch Magnesium besonders in dem Mischungsverhältnis von 1:3 Calcium zu Magnesium stark mildern, aber nicht vollkommen beseitigen. Die Glukoseoxydation durch Herzmuskel wird also bei einem physiologischen Gehalt des Blutes an diesen beiden Erdalkalien stets verzögert.

Tabelle 17.
Herz (Rind): Glukosezusatz.

Versuchsanordnung	cmm O_2 pro g u. Std.			cmm O_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	345	326	307	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	294	340	274	85	104	89	89
$0{,}2.10^{-6}$	294	320	284	85	98	93	83
$0{,}2.10^{-5}$	335	356	288	97	109	94	106
$0{,}2.10^{-4}$	322	332	296	93	102	97	95
$0{,}2.10^{-3}$	272	327	282	79	100	92	79

Tabelle 18.
Herz (Rind): Glukosezusatz.
Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm O_2 pro g u. Std.	338	266	273	306	312	322
cmm O_2: % vom Kontrollversuch	100	79	81	91	92	95

Tabelle 19.
Herz (Rind): Glukosezusatz.

Versuchsanordnung	cmm O_2 pro g u. Std.			cmm O_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	410	408	398	100	100	100	100
$0{,}2.10^{-7}$	358	376	328	87	92	83	79
$0{,}2.10^{-6}$	360	388	382	88	95	96	83
$0{,}2.10^{-5}$	388	470	392	95	115	99	110
$0{,}2.10^{-4}$	392	406	438	96	99	110	95
$0{,}2.10^{-3}$	324	354	352	79	87	89	66

Tabelle 20.
Herz (Rind): Glukosezusatz.
Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm O_2 pro g u. Std.	470	320	330	374	423	402
cmm O_2: % vom Kontrollversuch	100	68	70	80	90	86

Versuchsserie VI.

Die Glukoseabbauversuche durch Hirngewebe (Tabelle 21 bis 24) sind in ihrem Verlauf sehr einheitlich. Calciumchlorid hemmt den Abbau der Glukose in allen Konzentrationen sehr stark, und Magnesiumchlorid fördert ihn ganz allgemein in allen Verdünnungsgraden nur sehr geringfügig. Nur bei der höchsten Konzentration von $0{,}2.10^{-3}$ sind die Steigerungen der Sauerstoffaufnahme etwas größer. Bei kombiniertem Zusatz beider Erdalkalisalze läßt sich besonders eindrucksvoll zeigen, wie die Calciumhemmung durch Magnesium sehr stark abgeschwächt wird und zwar wesentlich stärker, als der reinen Addition der Einzelwirkungen entsprechen würde. Bei der höchsten Konzentration von $0{,}2.10^{-3}$ überwiegt die Calciumwirkung.

Die sehr starke Hemmung der Glukoseoxydation durch Calciumsalze läßt sich durch einen Zusatz der dreifachen Menge der Magnesiumsalze praktisch vollkommen aufheben (Tabelle 22 und 24). Das Magnesium erweist sich hier als ein vollkommener Antagonist des Calciums.

Tabelle 21.

Hirn (Rind): Glukosezusatz.

Versuchsanordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	218	210	221	100	100	100	100
0,2.10-^{7}	177	220	206	81	105	93	86
0,2.10-^{6}	164	216	202	75	103	91	78
0,2.10-^{5}	166	222	203	76	106	92	82
0,2.10-^{4}	166	222	196	76	106	89	82
0,2.10-^{3}	162	236	190	74	112	86	86

Tabelle 22.

Hirn (Rind): Glukosezusatz.

Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	228	150	154	188	218	236
cmm 0_2: % vom Kontrollversuch	100	66	68	83	96	104

Tabelle 23.

Hirn (Rind): Glukosezusatz.

Versuchsanordnung	cmm 0_2 pro g u. Std.			cmm 0_2: % vom Kontrollversuch			
	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca	Mg	Ca + Mg	Ca + Mg theoretisch
Kontrollversuch	188	165	176	100	100	100	100
0,2.10-^{7}	153	172	164	81	104	93	85
0,2.10-^{6}	142	174	160	76	105	91	81
0,2.10-^{5}	143	172	158	78	104	90	82
0,2.10-^{4}	150	—	156	80	—	89	—
0,2.10-^{3}	135	212	120	72	129	68	101

Tabelle 24.
Hirn (Rind): Glukosezusatz.
Ca : Mg

	Kontrollversuch	2:0	3:1	1:1	1:3	0:2
cmm 0_2 pro g u. Std.	182	116	125	152	172	192
cmm 0_2 : % vom Kontrollversuch	100	64	69	84	95	105

Zusammenfassung.

Bei einer Reihe von sauerstoffverbrauchenden Vorgängen im Gewebe besteht ein Antagonismus des Calciums und Magnesiums. Calciumchlorid hemmt den Sauerstoffverbrauch überlebender Gewebe, besonders stark die Oxydation der Glukose und den Sauerstoffverbrauch von Lebergewebe. Magnesiumchlorid dagegen wirkt nur wenig auf die Oxydation ein, steigert im besonderen aber die Glykogenoxydation durch Skelettmuskelgewebe sehr erheblich. Die Sauerstoffzehrung von Lebergewebe wird durch Magnesium in gleicher Weise wie durch Calcium verschlechtert. Beim Zusammenwirken von Calcium- und Magnesiumsalzen tritt eine Gesamtwirkung auf, die nur selten der Summe der Teilwirkungen entspricht. Selbst wenn beide Verbindungen für sich allein den Sauerstoffverbrauch hemmen, so wird bei gleichzeitigem Zusatz diese Hemmung nicht weiter verstärkt; es kann Wirkungslosigkeit oder sogar eine Steigerung der Sauerstoffaufnahme auftreten. Es gelingt in fast allen Fällen, bei einem bestimmten Mischungsverhältnis von Calcium zu Magnesium die Calciumwirkung durch Magnesium auszugleichen, bei der Sauerstoffzehrung von Skelettmuskelgewebe beim Verhältnis von 1:1, bei der Glykogenoxydation beim Verhältnis von 3:1 Calcium zu Magnesium, bei der Bernsteinsäureoydation 1:1, bei der Glukoseoxydation durch Herz- und Hirngewebe 1:3. Lediglich für die Sauerstoffzehrung von Lebergewebe sind sämtliche Mischungsverhältnisse des Calciums und Magnesiums ungeeignet, die Sauerstoffaufnahme auf die Werte des Kontrollversuchs ohne Zusatz der Erdalkalien ansteigen zu lassen.

Lebenslauf.

Ich wurde am 19. Juli 1912 in Lünen - Horstmar als Sohn des Kaufmanns Heinrich Niermann und seiner Ehefrau Else geb. Merten geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule in Horstmar kam ich Ostern 1922 auf das Reform-Realgymnasium zu Lünen, wo ich am 5. März 1931 mein Abiturium bestand. Ich studierte dann Zahnmedizin an der Universität zu Münster, legte nach dem dritten Semester die zahnärztliche Vorprüfung ab und bestand im Herbst 1934 das zahnärztliche Staatsexamen.

Herbert N i e r m a n n.